

La cittadella di Gozo a Malta. Strategie di restauro e di valorizzazione del sistema di fortificazione maltese

Marcello Balzani, Federico Ferrari, Francesco Viroli

DIAPREM, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, Via Quartieri 8, 44121 Ferrara
tel. +39 0532 293601, e.mail diaprem@unife.it

Abstract

The Restoration Unit of the Ministry for Resources and Rural Affairs of Malta has launched a survey and documentation project of the Citadel of Gozo. The research main objective is the 3D survey of the external and internal surfaces of the fortified belt around the citadel and the mapping of the current state of conservation of the structures. The main 3D high definition survey scope is to document and implement a model able to identify the geometry and morphology of every fortification element. In this way it is possible to obtain a bi-dimensional representation of single element in order to prepare a useful technical scientific base for future restoration works. The survey was carried out by integrated methodologies such as laser scanner 3D, topographic and photographic survey, and materials and degradation mapping of the whole citadel. The integrated study on geometries, morphologies and state of conservation was carried out bearing in mind the peculiar condition of the citadel heritage.

This is a really complex task for the Restoration Unit, involved for years in important researches and restorations. The project was developed through the European Regional Development Fund Malta 2007-2013 (Operational Program I - Cohesion Policy 2007-2013, Investing in Competitiveness for a Better Quality of Life), funded by the European Union for 85% with the ERDF and for 15% with Maltese national funds.

Led by the Ferrara Research Consortium, the documentation plan for the restoration was developed by the Italian group of companies affiliated with Prorestauro (Italian Association for the Restoration and Conservation of Cultural Heritage). Experts in survey, diagnostic, conservation of stones and 3D modelling, worked together in an integrated process analysis and post-processing of data.

Riassunto

La Restoration Unit del Ministry for Resources and Rural Affairs di Malta ha attivato un progetto di rilievo e documentazione della Cittadella di Gozo. In particolare, il progetto ha avuto come scopo il rilievo tridimensionale di dettaglio delle superfici esterne e interne della cinta muraria di fortificazione e una mappatura dell'attuale stato di conservazione di strutture e superfici. Il principale obiettivo del rilievo tridimensionale ad alta definizione, oltre a quello primario di documentazione, è connesso all'esigenza di disporre di un modello in grado di identificare la geometria e la morfologia di ogni singolo elemento costituente le fortificazioni al fine di poter ottenere accurate rappresentazioni bidimensionali in grado di costituire una base tecnico-scientifica sulla quale poter redigere il progetto di restauro. Un impegno articolato e complesso che ha visto l'operatività della Restoration Unit, da anni coinvolta in importanti sperimentazioni e interventi di recupero e restauro. Il progetto è stato sviluppato attraverso l'European Regional Development Fund Malta 2007-2013 (Operational Programme I - Cohesion Policy 2007-2013, Investing in Competitiveness for a Better Quality of Life), finanziato per l'85% dall'Unione Europea con gli ERDF e per il 15% Fondi Nazionali maltesi. Il gruppo di società italiane affiliate a Prorestauro

(Associazione Italiana per il Restauro e la Conservazione dei Beni Culturali) che hanno realizzato il progetto di documentazione per il restauro, capeggiato dal Consorzio Ferrara Ricerche, ha visto all'opera rilevatori, esperti di diagnostica e conservazione dei materiali lapidei e di modellazione 3D, in un integrato processo di analisi e di restituzione documentale.

Introduzione

La posizione strategica dell'arcipelago maltese ha svolto un ruolo importante nel determinare la storia dell'isola e in particolare l'occupazione da parte di diverse culture che si sono succedute attraverso i millenni. Tutti questi popoli hanno lasciato testimonianze significative nelle tre isole, concretizzate in un ricchissimo patrimonio culturale. Con il suo caratteristico skyline e l'imponente architettura militare, la Cittadella costituisce indubbiamente uno dei principali punti di riferimento dell'isola di Gozo. Costruita con il principale scopo di difendere l'isola dalle invasioni dei corsari, la sua attuale importanza non è solo dovuta agli elementi architettonici ma anche alla sua rilevanza storico-culturale. La Cittadella di Gozo sorge nella zona centro-ovest dell'isola al di sopra di un massiccio roccioso a 140 metri sul livello del mare, per una superficie di circa 2500 metri quadri, la metà dei quali risulta in stato di rudere.



Figura 1. Vista complessiva della Cittadella, lato sud. È visibile l'imponente affioramento roccioso che costituisce il basamento su cui la fortificazione poggia e l'articolazione della cinta muraria.

Il rilievo tridimensionale integrato della Cittadella di Gozo

Il progetto ha come scopo il rilievo tridimensionale della cittadella e delle porzioni di territorio correlate ad essa, al fine di operare un'analisi multiscala metrica, morfologica e diagnostica del complesso architettonico e le relazioni di quest'ultimo con il territorio immediatamente circostante. Si è posto dunque il problema di progettare la realizzazione di una banca dati geometrica che costituissero il fulcro di un insieme di informazioni integrate, in grado di affrontare molteplici problematiche.

Una delle principali finalità è connessa alla descrizione ad alta definizione del contesto ambientale, per l'estrazione, a scala territoriale, di cartografia e sezioni morfologiche quotate sul livello del mare, che mettessero in evidenza tutti gli elementi naturali ed antropici presenti, ovvero una serie di muretti a secco a "contenimento" del terreno digradante circostante la Cittadella. Un tema importante in quanto varie ipotesi formulate individuano nelle trasformazioni e nella mancanza di manutenzione di quest'ultimi una delle cause fondanti di un insieme di dissesti idrogeologici in atto e responsabili, se non monitorati e valutati, di forti mutamenti di assetamento, se non di danni irreversibili, alla struttura fortificata.

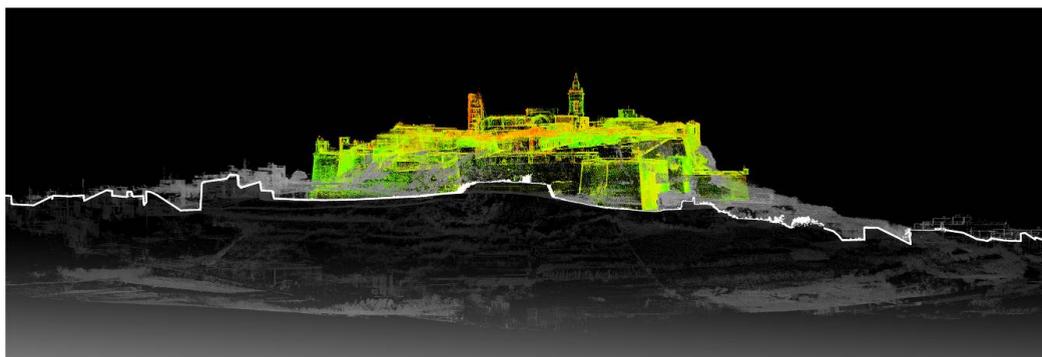


Figura 2. Sezione.

Un altro presupposto essenziale del progetto ha riguardato il rilievo di dettaglio delle superfici esterne e interne della cinta muraria di fortificazione della Cittadella e la documentazione dell'attuale stato di conservazione di strutture e superfici.



Figura 3. Bastione di San Martino. Localizzazioni delle superfici in oggetto. Viste della nuvola di punti della superficie in falso colore. Mappature del degrado e dei materiali rappresentate sull'ortofotopiano mediante individuazione delle macroaree in falso colore. Elaborati grafici in formato cad di restituzione della mappatura del degrado sulla superficie corrispondente.

Il principale obiettivo del rilievo tridimensionale ad alta definizione, oltre a quello primario di documentazione, è connesso all'esigenza di disporre di un modello in grado di identificare la geometria e la morfologia di ogni singolo elemento costituente le fortificazioni al fine di poter ottenere accurate rappresentazioni bidimensionali in grado di definire una base tecnico-scientifica sulla quale poter redigere il progetto di restauro. La banca dati può, inoltre, fornire un modello tridimensionale, accurato e ad alta definizione, delle strutture di fortificazione della Cittadella e del territorio dal quale poter estrarre nel tempo rappresentazioni bidimensionali (piante, sezioni, prospetti, ecc.), a supporto delle successive fasi di elaborazione del progetto di restauro e a più scale di dettaglio. Tale rilievo ha richiesto, viste le dimensioni e l'articolazione dell'oggetto, un progetto

approfondito e costantemente monitorato nel suo sviluppo, che tenesse conto di molteplici aspetti quali la geometria, la logistica (strettamente connessi fra loro), la produzione di materiale standardizzato in *post processing*, il controllo del flusso delle informazioni verso e da quei segmenti della filiera produttiva addetti all'*editing cad* per il completamento descrittivo del materiale, la formulazione di quest'ultimo in elaborati conformi agli standard UNI-ISO ed in ultima analisi il vincolo temporale, che spesso stabilisce la sostenibilità o meno (non solo finanziaria) di operazioni che prevedono un certo grado di complessità. Il rilievo metrico di dettaglio è stato eseguito mediante *laser scanner 3D*, tecnologia studiata per acquisire grandi quantità di informazioni in breve tempo; la natura del dato ottenuto è tridimensionale, e la metodologia è quindi in grado di acquisire l'oggetto nelle sue caratteristiche spaziali. Un rilievo ad alta definizione è in grado di generare un modello tridimensionale morfometrico dove forma e dimensioni sono descritte tramite insiemi di milioni di coordinate.

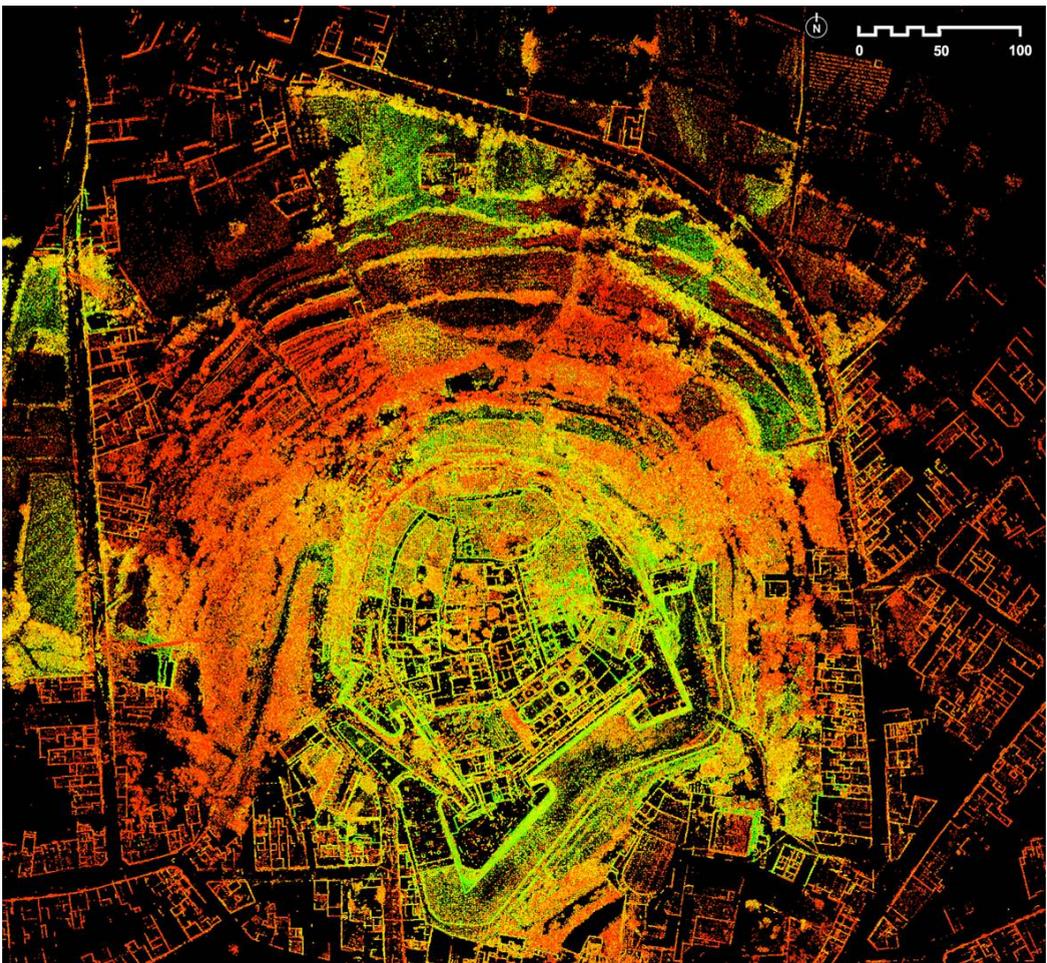


Figura 4. Vista planimetrica della Cittadella e dell'area ad essa circostante ottenuta dalla nuvola di punti del modello tridimensionale in falsi colori.

Questo modello in fase di restituzione consente un approccio multiscala all'indagine metrico-descrittiva, relazionando "il tutto" alle sue singole parti nel dettaglio, e rendendo la direzione del processo di interrogazione reversibile.

L'acquisizione si è sviluppata integrando la tecnologia *laser scanner* con il rilievo topografico. In particolare il rilievo plano-altimetrico realizzato con la stazione totale ha avuto il compito di generare una struttura geometrica che risolvesse le problematiche riguardanti la generazione del modello tridimensionale e l'istituzione di un sistema di coordinate che permettesse di mettere in relazione tra loro tutte o solo alcune parti del complesso rilevato. In tal modo è stato inoltre costituito il sistema di riferimento necessario per l'estrazione e la restituzione dei dati.

Complessivamente il rilievo è stato eseguito in quaranta giorni di acquisizione sul campo, realizzata da tre squadre di lavoro, due impegnate nella gestione dei due *laser scanner* a tempo di volo per il rilievo morfometrico tridimensionale e una per il rilievo topografico.

Sono state rilevate mediante metodologia di scansione 3D tutte le superfici della Cittadella: in particolare, il progetto era incentrato sull'acquisizione delle superfici esterne e interne della cinta muraria e dei bastioni e di tutti gli elementi architettonici caratterizzanti lo sviluppo di cinta del sistema fortificato: camminamenti, "traditori", gole, passaggi, parapetti, "orecchioni", pavimentazioni, superfici sommitali inclinate, ecc. Sono stati rilevati anche i volumi interni alla Cittadella, costituiti da diversi muri per lo più a secco e allo stato di rudere, che profilano gli antichi percorsi interni della zona medievale. Inoltre, il rilievo tridimensionale è stato applicato anche alle superfici esterne e interne della chiesa. A questo proposito un rilievo di dettaglio è stato messo in atto per acquisire il dipinto che, all'interno della chiesa, simula la volumetria tridimensionale della cupola, in realtà non presente, con un effetto *trompe l'oeil*. Durante le fasi conclusive del rilievo, anche i granai sotterranei sono stati rilevati.

Caratteristiche del contesto fortificato	
Superficie complessiva (proiezione piana)	mq 95.000 circa
Superficie lorda urbana (proiezione piana)	mq 20.000 circa
Superficie lorda ambientale (proiezione piana)	mq 75.000
Superficie complessiva mura (sviluppo e perimetro)	mq 22.500; ml 742
Rilievo topografico	
Unità di personale impiegato	n. 2
Strumento	n. 1, modello Leica TCR 1202
Tempo di esecuzione	giorni 15
Poligoni principali chiuse	n. 2
Poligoni di dettaglio aperte	n. 12
Vertici di poligoni	n. 104
Punti di dettaglio	n. 795
Compensazione ai minimi quadrati (sqm)	mm 3
Rilievo laser scanner 3D	
Unità di personale impiegato	n. 4
Strumento	n. 2 modello Leica HDS Scanstation 2
Tempo di esecuzione	giorni 40
Stazioni laser scanner 3D	n. 672
Target acquisiti	n. 277
Coordinate spaziali acquisite	n. 4.010.262.849
Valore medio di registrazione	mm 3

Figura 5. Dati significativi.

Tra le problematiche affrontate nell'organizzazione logistica e nell'esecuzione delle fasi di rilievo si evidenziano:

- la possibilità di immagazzinamento del materiale strumentale in situ, in modo da poter contare sulla disponibilità di un luogo sicuro in cui poter riporre l'attrezzatura a conclusione delle giornate di rilievo sul campo;
- l'accesso a tutti gli ambiti di rilievo, dagli ambienti interni ed esterni la cui apertura al pubblico è regolata dai custodi responsabili alle zone impervie e di difficile accessibilità;
- il posizionamento target;
- la frequente presenza turisti di flussi di turisti da gestire durante le fasi di rilievo affinché non venisse inficiato il dato di scansione;
- la disponibilità *hardware* di archiviazione della grande quantità di informazioni acquisite con l'avanzare del rilievo;
- il *post-processing* del dato in acquisizione;
- il *post-processing* del dato in fase di analisi;
- la costituzione di una banca dati organizzata per singolo elemento architettonico integrato ad un insieme descrittivo di dati aggiuntivi;
- il concetto di pacchetto dati aperto;
- la gestione del flusso delle informazioni in uscita (mediante infrastruttura server necessaria);
- la gestione del flusso delle informazioni di ritorno (completamento con il dato cad della banca dati);
- la redazione finale degli elaborati grafici di consegna.

Documentazione dello stato materico e conservativo della Cittadella e rilievo diagnostico

L'obiettivo principale del progetto di rilievo della Cittadella di Gozo era fortemente connesso alle esigenze di documentazione della consistenza materica e dello stato di conservazione del complesso, al fine di poter disporre di un supporto di elaborati grafici ad alta precisione metrico-morfologica e di una mappatura delle principali morfologie di degrado che interessano sia l'affioramento roccioso sul quale la Cittadella sorge che la totalità delle superfici architettoniche indicate da bando e comprendenti le superfici verticali, inclinate e orizzontali interne ed esterne all'anello della cinta muraria. Le operazioni di indagini a vista e di mappatura dello stato conservativo sono state eseguite in concomitanza alle operazioni di rilievo metrico-morfologico, e sono state svolte in situ per la durata di circa trenta giorni di sopralluogo. Tutte le operazioni di rilievo diagnostico sono state accompagnate da un rilievo e catalogazione fotografica ad alta definizione di tutte le superfici da documentare, creando una banca dati fotografica che, attraverso viste generali e di dettaglio, fino alla realizzazione di immagini "macro" utili alla caratterizzazione delle diverse morfologie di degrado, ha costituito la base per la prosecuzione del lavoro in laboratorio. La fase di rilievo diagnostico è stata preceduta da una ricognizione complessiva della Cittadella al fine di individuare le tipologie e le caratteristiche dei materiali che costituiscono le superfici e di individuare le morfologie di degrado che interessano tali superfici. A tal proposito, assumendo come riferimento di base il documento Uni Normal 1/88, è stato redatto un vero e proprio abaco costituito dall'elenco delle morfologie di degrado individuate, concordate con la committenza dopo diversi passaggi utili alla chiarificazione e all'accordo circa le situazioni di degrado attribuite a ciascuna nomenclatura. Le morfologie di degrado sono state suddivise in cinque categorie: degrado di natura fisico-chimica, degrado di natura chimica e dovuto alle condizioni ambientali, degrado biologico, degrado antropico e degrado strutturale. A ciascuna morfologia è stato attribuito un codice che corrisponde al *layer* di restituzione sui file cad.

L'indagine, dal punto dello studio dei materiali e dello stato conservativo, è stata effettuata sia per quanto riguarda l'affioramento roccioso costituente la base di appoggio di diverse porzioni della cinta perimetrale della Cittadella che le apparecchiature murarie. Le superfici murarie della Cittadella sono costituite da conci di calcare ricavato dalle cave presenti a Gozo. Rarissime sono superfici con presenza di intonaco, peraltro in lacerti in cattivo stato di conservazione, ad eccezione

del fronte interno dell'ingresso alla Cittadella. I conci sono posti in opera a secco o attraverso l'uso di diverse tipologie di malte di allettamento, stilate in giunti da fini a grossolani. I conci, a seconda del livello litologico di estrazione, sono caratterizzati talvolta da una grana fine e sabbiosa (calcareniti a granulometria "arenacea") e talvolta da calcareniti organogene a granulometria grossolana e bioturbazioni (*burrow*) evidenti: le bioturbazioni sono contro-impronte generate da anellidi (vermi, lombrichi, ecc.) che si infossavano nel sedimento molle a cercare nutrimento e che hanno lasciato traccia del loro passaggio depositando il fango ingerito o il loro stesso corpo: le tracce sono o parallele o perpendicolari al sedimento. Queste bioturbazioni presentano una cementazione, e di conseguenza una consistenza, superiore alla matrice di fondo, innescando quindi l'alveolizzazione o quella morfologia di degrado a reticolo o nido d'ape (degrado differenziale). La natura dei calcari costituenti i conci delle superfici crea situazioni di degrado preferenziale e molto caratteristiche: le morfologie prevalenti, soprattutto sulle superfici esterne della cinta muraria e dei bastioni, riguardano proprio l'alveolizzazione (tipica formazione di cavità a nido d'ape) e il cosiddetto "*back weathering*", perdita di strati paralleli del concio fino ad arrivare a sottoescavazioni più o meno profonde. Tale morfologia è stata attribuita anche a quei conci in cui le tenaci e ben cementate creste dovute alle bioturbazioni rimangono comunque in evidenza rispetto alla matrice del concio, sottoescavata: è in realtà un tipo di degrado individuabile come "degrado differenziale", nomenclatura non presente nel documento finale utilizzato per la mappatura. Le condizioni di esposizione delle superfici favoriscono inoltre il proliferare di organismi che creano sulle superfici diffusi strati di incrostazioni e patina biologica, oltre che ad una frequente presenza di vegetazione. Le morfologie di degrado tipiche delle superfici esposte agli agenti atmosferici (polverizzazione/disgregazione, scagliatura, erosione, croste nere in fase di neoformazione, ecc.) sono accompagnate da una serie di degradi di natura antropica: danni meccanici, inserti metallici, macchie, integrazioni incongrue con malta cementizia e numerose zone con presenza di incisioni e graffiti vandalici (annoverate nella categoria di "danno meccanico"). Le morfologie di degrado rilevate in situ sono state restituite, superficie per superficie, in forma di mappature in falso colore sugli ortofotopiani di ciascun fronte e delle pavimentazioni: a ciascun degrado è stato associato, oltre al codice di attribuzione corrispondente ai *layer* dei *files cad*, un falso colore utile alla rappresentazione delle macroaree di degrado mappate.

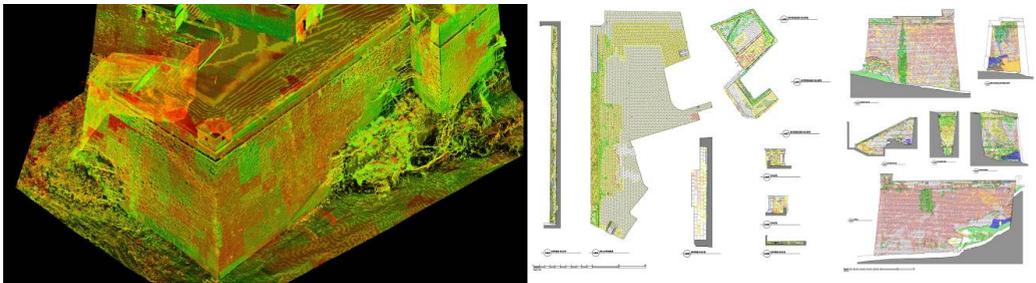


Figura 6. Vista della nuvola di punti del bastione di St. John. Il modello è visualizzato in falso colore. Restituzione vettoriale di tutte le superfici afferenti al bastione di St. John, sviluppata secondo la codifica dei comparti architettonici attribuita: i codici sono riportati accanto a ciascun prospetto. Sono riportati, su ogni singola superficie, anche i retini delle morfologie di degrado rilevate.

La cinta muraria della Cittadella è costruita, per la maggior parte del suo sviluppo, sui margini di un affioramento roccioso calcareo denominato *upper coralline limestone* che digrada in strati più friabili (*green sand formation*) e argillosi (*blu clay*). L'inclinazione degli strati è tale da dare luogo a una inclinazione a strapiombo nella direzione nord/nord-ovest e ad una lieve pendenza nella

direzione opposta. Le morfologie di degrado principali che interessano gli affioramenti rocciosi sono di natura geologico-strutturale: nella gerarchia di indagine a vista finalizzata alla mappatura del degrado, il quadro fessurativo ha costituito il primo livello di indagine: le fratture, a seconda delle diverse zone dell'affioramento, tagliano la roccia in modo verticale, obliquo e spesso anche orizzontale, ponendo porzioni di roccia a rischio di caduta a causa dei diversi fenomeni fessurativi, erosivi, e disgregativi, oltre che della naturale inclinazione cui è soggetto il lato nord-ovest. Sono poi state individuate numerose zone soggette a sottoescavazione (*back weathering*), a disgregazione/polverizzazione, a presenza massiva di vegetazione nonché di incrostazione biologica, e, in taluni casi, a forme di alveolizzazione delle creste.

Crediti

Restoration Unit - Construction and Maintenance Department - Work Division, Ministry for Resources and Rural Affairs, Malta

Director General: Raymond Farrugia; *Chief Architects:* Norbert Gatt, Hermann Bonnici; *Sen. Architect:* Ivana Farrugia (MGOZ); *Architect:* Tabitha Dreyfuss; *Supt. of fortifications:* Stephen C. Spiteri.

Consorzio Ferrara Ricerche

Responsabile amministrativo: Stefania Corsi (Direttore CFR); Matteo Balboni (Responsabile Ufficio Progetti CFR), *Key Expert 1, Team Leader:* Marcello Balzani (Direttore del DIAPReM – Università di Ferrara); *Key Expert 2* Responsabile della documentazione tecnica: Guido Galvani (Agave Srl); *Key Expert 3* Consulente alla geologia-petrografia: Giancarlo Grillini (CFR); *Key Expert 4* Restauro e conservazione dei materiali lapidei: Giorgio Croci (Studio Croci & Associati); *Key Expert 5* Consulente alla documentazione: Stefano Bertocci (Università di Firenze); *Rilievo 3D, coordinamento tecnico:* Filippo Casarini, Marcello Guzzinati (Agave Srl); *Documentazione dello stato conservativo e rilievo diagnostico:* Federica Maietti (CFR-DIAPReM); *Collaborazione alla restituzione del rilievo diagnostico:* Alessandra Alvisi, Alessandra Gola.

Società coinvolte: Agave Srl di Forlì (Pier Francesco Ricci), Digitarca Snc di Bari (Leonardo Chiechi), Berenice I.G. Srl di Padova (Lapo Cozzutto).

Restituzione 2D del rilievo morfometrico - Unità di Firenze

Responsabile scientifico: Stefano Bertocci (Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università di Firenze); *Coordinamento scientifico:* Giovanni Pancani (Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università di Firenze); *Coordinamento tecnico:* Carlo Raffaelli; *Restituzioni a cura di:* Silvia Barducci, Graziella Del Duca, Giulia Falugiani, Elisa Gaggini, Chiara Nespoli, Silvia Pirisino, Valentina Roggi, Tommaso Rossini, Noemi Secci, Gianfilippo Valentini, Nicolò Zuccherini.

Restituzione 2D del rilievo morfometrico - Unità di Ferrara

Coordinamento scientifico: Guido Galvani (Agave srl); *Restituzioni a cura di:* Federico Vecchiattini, Fabio Zecchi, Irene Pasello, *Elaborazioni grafiche:* Cristina Vanucci.

Integrazione rilievo tridimensionale con laser scanner 3D, realizzazione di fotopiani ad alta definizione, realizzazione del modello tridimensionale ibrido, modellazione solida e integrazione con modellazione in superfici triangolate da dato laser scanner 3D: Digitarca Snc di Bari: Leonardo Chiechi (responsabile), Gianni del Medico, Enzo Gassi, Lorenzo Ceo, Giovanni Bianco, Davide Campanile, Sabina Macchitella. *Elaborazione ed ottimizzazione del modello tridimensionale per scopi multimediali, web browsing e creazione mappa tridimensionale degli elementi di rilievo e degrado:* Federico Ferrari (Agave srl) e Lapo Cozzutto (Berenice I.G. Srl di Padova).